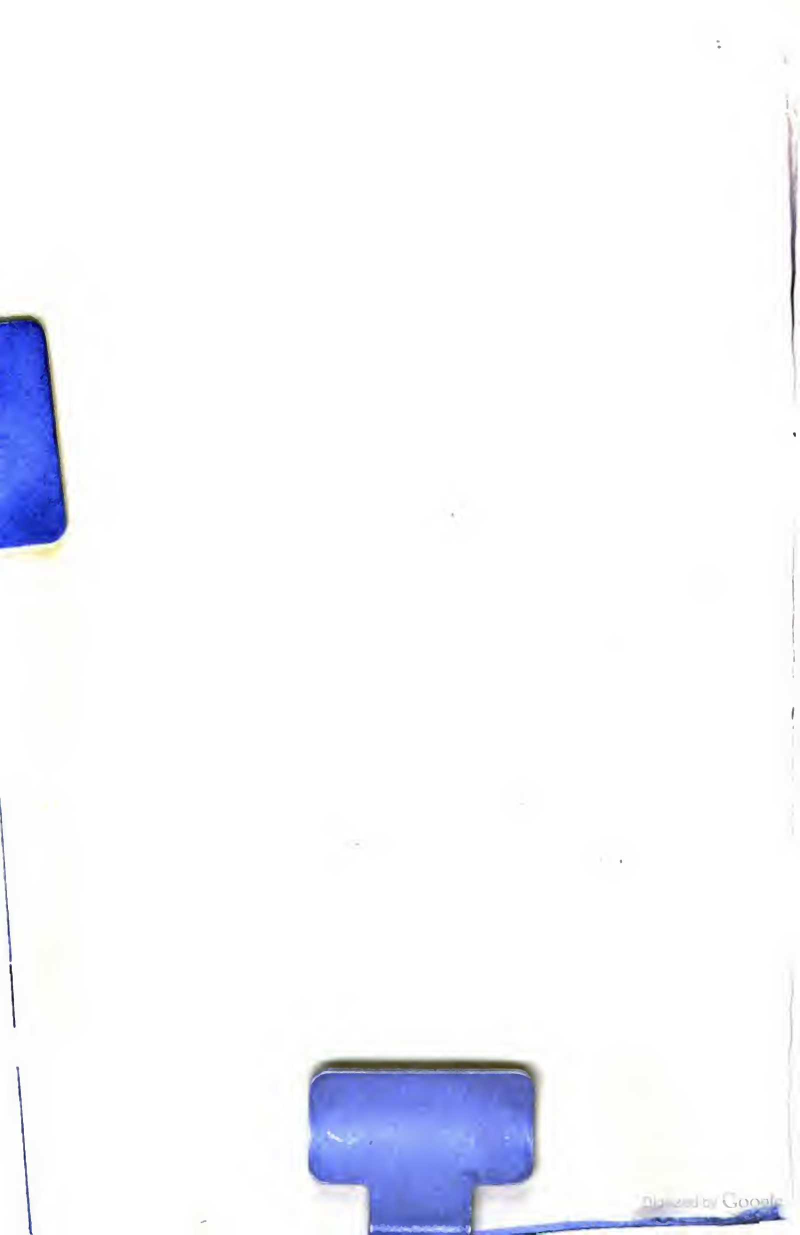
RECHERCHES SUR LES COULEURS DES VÉGÉTAUX

Martin Martens





RECHERCHES

SUR LES

COULEURS DES VÉGÉTAUX;

PAR

M. MARTENS,

Membre de l'Académie royale de Belgique.

A

RECHERCHES

SUR LES COULEURS DES VÉGÉTAUX.

On sait que le règne végétal ne nous offre que trois couleurs simples, le bleu, le jaune et le rouge, et qu'avec ces trois couleurs la nature et l'art produisent toutes les autres, qui ne sont ainsi que des couleurs mixtes ou composées, formées par l'association des couleurs simples susdites, réunies généralement deux à deux. La matière colorante verte, si répandue dans le règne végétal, et propre à toutes les parties herbacées, n'est pas une couleur simple, puisque le prisme la décompose en bleu et en jaune. On est, d'après cela, tenté de se demander si la chlorophylle verte, au lieu de former une matière colorante primitive ou définie, ne constituerait pas plutôt une matière complexe, et ne serait pas formée de deux principes colorants distincts, l'un bleu, l'autre jaune, qui, par leur mélange, constitueraient le vert. Cette idée est d'autant moins irrationnelle, que le bleu et le jaune sont les couleurs fondamentales des fleurs, et que c'est de ces principes colorants que dérivent toutes les autres couleurs des parties pétaloïdes. Ainsi le bleu passe au rouge par l'action des acides, et du mélange de ce bleu avec le rouge, en proportion variable, résulte toute une série de nuances ou de couleurs, que les botanistes ont désignée, avec De Candolle, sous le nom de *série cyanique*. Nous pouvons reproduire cette série artificiellement, en ajoutant à la matière colorante bleue ordinaire des fleurs un acide faible en quantité d'abord minime, puis en augmentant progressivement la proportion

de l'acide jusqu'à ce que toute la matière bleue soit passée au rouge. Nous pouvons de même imiter la *série xanthique*, en ajoutant progressivement au jaune une matière colorante rouge.

Il est plus que probable que la nature opère de la même manière dans la production de cette multiplicité de couleurs qui parent les fleurs vivantes (1). Rien n'est plus commun, au reste, que de trouver, dans les plantes, une matière colorante rouge, provenant du bleu par l'action des acides. Telle est, entre autres, la couleur rouge qui teint l'épiderme de la face postérieure des feuilles des *Begonia discolor* et *sanguinea*. Cet épiderme, et surtout le suc du parenchyme immédiatement contigu, ont une réaction acide très-prononcée, et si on vient à saturer cet acide par un alcali, la couleur rouge passe au bleu, pour redevenir rouge par l'action d'un acide.

Mais toutes les matières colorantes rouges, dans les plantes, ne proviennent pas des substances bleues, rougies par un acide. Il y en a qui procèdent du jaune par l'oxygénation; c'est le rouge de la *série xanthique*. Ce rouge, que les acides avivent ou rendent ordinairement un peu plus intense, peut exister ou se former sans leur intervention; il ne passe jamais au bleu par les alcalis, mais bien au jaune; et si, sur la couleur ainsi jaunie par l'alcali, on verse un acide, le rouge se rétablit, à moins que l'alcali n'ait été assez fort et son contact assez longtemps prolongé, pour détruire la matière colorante. C'est à cette deuxième espèce de rouge qu'il faut rattacher le rouge des fleurs de carthame, celui du bois de santal, celui des feuilles du *Dracaena ferrea* var. *picta* et de plu-

(1) Notons cependant que les couleurs mixtes résultent aussi parfois d'une superposition de cellules diversement colorées.

sieurs amarantacées, celui de la tige aplatie et foliacée de l'*Epiphyllum truncatum* et des fleurs de cette plante. Une solution de potasse fait passer ce rouge au jaune, et non au bleu, comme dans le *Begonia discolor;* mais dans l'un et l'autre cas, la couleur rouge se rétablit par l'action d'un acide.

On voit par là que la matière colorante rouge, dans les feuilles, est loin d'être constamment la même, et qu'on a eu tort de la désigner toujours par le même nom, celui d'*érytrophylle*, qui semble indiquer une identité de nature.

La couleur rouge, qui se développe, à l'automne, dans les feuilles de plusieurs plantes, appartient communément à la *série cyanique;* telle est celle qui se manifeste sur les feuilles de quelques fraisiers, du *Ribes sanguineum*, etc. La couleur rouge, que prennent, au contraire, certaines feuilles en hiver, à la suite du développement de la *xanthophylle* ou de la coloration jaune, appartient à la *série xanthique.*

Si la matière colorante rouge varie en nature dans les feuilles, elle varie également dans les fleurs, comme on peut s'en assurer à l'aide des alcalis. Jamais le rouge de la *série cyanique* ne peut passer au jaune, pas plus que celui de la *série xanthique* ne saurait passer au bleu; ce qui explique pourquoi telle fleur rouge bleuit facilement par les alcalis, comme celle de certains *Echium*, tandis que telle autre ne bleuit jamais, comme celle des *Gesneria*, celle du carthame des teinturiers, etc.

C'est à tort que la généralité des botanistes ont confondu les deux espèces de rouge qui existent dans les fleurs et en ont fait une seule matière colorante, appartenant, comme ils disent, aux deux séries de couleurs. C'est cette confusion qui a donné lieu à certaines méprises au sujet des changements de couleur dans les fleurs. Ces change-

ments ne s'expliquant pas toujours en admettant que la couleur rouge peut retourner indistinctement au bleu et au jaune, on a été porté à nier la corrélation des couleurs des fleurs d'après les *séries cyanique* et *xanthique*. Il faut noter encore que les deux colorations rouges, savoir le rouge cyanique et le rouge xanthique, peuvent parfois être mêlées, aussi bien que le bleu et le jaune dont elles dérivent, et qui, par leur réunion, produisent le vert. Or, dans ce cas, il y aura de grandes anomalies dans les mutations de couleur que pourra éprouver ce rouge mixte. Ce sont ces anomalies qui ont fait repousser, par quelques botanistes, les *séries cyanique* et *xanthique*, comme n'ayant, suivant eux, aucune existence réelle dans les plantes. Le célèbre Berzelius a parfaitement signalé la nécessité, au point de vue chimique, d'admettre deux espèces de matière colorante rouge dans les fleurs; car il avait reconnu que quelques fleurs présentent une matière colorante rouge plus ou moins résineuse, très-soluble dans l'alcool et peu soluble dans l'eau, tandis que d'autres fleurs donnent une matière rouge très-soluble dans l'eau et peu soluble dans l'alcool anhydre.

Quoiqu'il soit jusqu'ici presque impossible d'obtenir les matières colorantes des fleurs à l'état de pureté, et que les substances étrangères qui leur sont associées doivent influer beaucoup sur leur solubilité, on peut admettre cependant que le rouge de la série cyanique est généralement plus soluble dans l'eau que celui de la série xanthique, parce que le principe colorant bleu, dont il dérive par l'action des acides, est très-soluble dans l'eau, tandis que la matière colorante jaune des fleurs ne nous offre ordinairement qu'une solubilité très-faible.

Si la couleur rouge, dans les plantes, peut constituer quelquefois une couleur complexe, ou dériver en partie

du bleu et en partie du jaune, la couleur verte, dans les plantes, ne constitue jamais, d'après nous, une couleur simple, mais toujours une couleur complexe, formée du bleu et du jaune. C'est à tort que la plupart des botanistes ont envisagé le vert, et entre autres celui de la chlorophylle, comme une couleur simple ou une matière colorante définie, *sui generis*. Clamor Marquart avait supposé que c'était d'elle que dérivaient toutes les autres couleurs des plantes, savoir le bleu par déshydratation de la chlorophylle et le jaune par hydratation. Mais cette hypothèse, nullement conforme aux réactions chimiques que présente la chlorophylle, a été depuis longtemps abandonnée. Une hypothèse infiniment plus rationnelle, c'est celle qui admet dans la chlorophylle l'existence de deux matières colorantes distinctes, l'une bleue, l'autre jaune, qui, par leur réunion, doivent constituer la couleur verte. Ce qui vient à l'appui de cette manière de voir, c'est que parmi les produits de la décomposition de la chlorophylle, on voit souvent apparaître, d'après Mulder et Schleiden, des matières colorantes bleues et jaunes, et même noirâtres, celles-ci n'étant, à la vérité, que des substances d'un bleu très-foncé.

Si la chlorophylle verte renferme à la fois les deux principes colorants bleu et jaune des fleurs, il faut admettre que les cellules qui la produisent sont susceptibles de donner naissance à ces deux principes colorants, et dès lors il doit pouvoir se faire que ces deux couleurs se rencontrent quelquefois isolément dans les cellules du tissu herbacé, soit que la matière verte se soit décomposée, soit que les circonstances n'aient pas été favorables à sa production. Nous avons un exemple très-remarquable de cette séparation des matières colorantes bleu et jaune, propres à produire le vert, dans les feuilles des têtes de choux rouges. On sait que ces feuilles ne renferment point de

granules verts; mais, à leur place, on trouve, immédiatement au-dessous de l'épiderme, une couche celluleuse très-mince, chargée d'une matière colorante bleue, qui est faiblement rougie par un acide (1), et qui bleuit intensivement par l'action des alcalis. Immédiatement au-dessous de cette couche, qui semble, en quelque sorte, se confondre avec l'épiderme, il existe une couche de cellules un peu plus épaisse, d'un blanc jaunâtre pâle, qui jaunit vivement par l'action des alcalis, surtout lorsque ceux-ci sont employés en solution forte. Cette couleur jaune passe au rouge écarlate le plus vif par l'action des acides, tandis que la couleur pourpre de la couche celluleuse superficielle des feuilles ne passe, par les acides, qu'au rouge vineux. Comme les cellules qui jaunissent par les alcalis sont contiguës à celles qui bleuissent, on conçoit que la réunion de ces deux couleurs doit donner naissance au vert; et, en effet, quand on verse une solution de potasse à la surface d'une feuille de chou rouge, dont l'épiderme a été préalablement entamé par la pointe d'un canif, pour faciliter la pénétration du liquide alcalin dans les cellules sous-épidermiques, on voit se former des taches vertes; mais ces taches sont manifestement bleuâtres dans leur partie la plus externe ou la plus superficielle, et jaunâtres là où elles se terminent dans le parenchyme de la feuille; de sorte que le vert est ici évidemment le résultat de deux matières colorantes distinctes. Ces matières étant toutes deux solubles dans l'eau et dans l'alcool, on conçoit qu'une infusion, soit aqueuse, soit alcoolique, des

---

(1) Cet acide est de l'acide carbonique; car un courant de vapeur d'eau que j'ai fait passer à travers les feuilles rouges découpées, mises dans un appareil distillatoire, a entraîné beaucoup d'acide carbonique, et en même temps la couleur des feuilles a passé au bleu.

feuilles de choux rouges doit verdir par les alcalis et rougir par les acides, comme l'expérience l'a constaté. Mais si on ratisse les feuilles avec beaucoup de précaution, de manière à n'enlever que la pellicule superficielle rougeâtre, on peut, avec cette pellicule, obtenir une infusion qui ne fasse que bleuir par les alcalis. D'autre part, en employant les feuilles ainsi ratissées, elles ne font que jaunir par les alcalis, de même que l'infusion que l'on prépare avec elles. On peut d'ailleurs, en laissant macérer les feuilles rouges intactes, pendant trois à cinq minutes seulement, dans de l'alcool, obtenir une infusion d'un bleu pourpre très-pâle, dont la couleur deviendra d'un beau bleu assez intense, si on n'y verse qu'une goutte d'une faible solution de potasse; car il faut peu d'alcali pour faire passer au bleu franc la couleur pourpre de la surface des feuilles de chou rouge; et, comme la matière colorante jaune exige, pour son développement, une solution alcaline plus forte, que, d'autre part, elle n'aura pas eu le temps de se dissoudre abondamment dans l'alcool pendant le peu de temps qu'aura duré la macération, on conçoit que l'infusion alcoolique, ainsi préparée et peu colorée, ne fera d'abord que bleuir par l'addition de très-peu de potasse, et que sa couleur ne passera au vert que lorsque la solution de potasse aura été ajoutée en quantité plus considérable.

Quand on voit les feuilles de chou rouge, à défaut de chlorophylle verte, renfermer ainsi, dans les cellules voisines du derme, des principes colorants qui, dans les mêmes circonstances, ou sous l'influence des alcalis, peuvent se transformer en matières colorantes bleue et jaune, et former par leur réunion du vert, on est bien tenté d'admettre que la couleur verte de la chlorophylle est due à deux principes colorants analogues.

Il ne résulte évidemment pas de là que l'infusion alcoo-

lique verte de la chlorophylle doive se comporter en tout comme celle des choux rouges verdie par un alcali; car les matières colorantes, dans la chlorophylle globulaire, comme aussi dans les feuilles de chou, sont toujours associées à d'autres principes organiques qui augmentent ou diminuent leur altérabilité, et qui peuvent modifier leurs caractères chimiques. Ainsi, la matière colorante jaune de la chlorophylle, qui ne paraît être autre que la xanthophylle colorant en jaune les feuilles automnales, est toujours associée à un principe gras ou résineux, qui la rend beaucoup moins soluble dans l'eau et beaucoup moins altérable que la matière jaunâtre des feuilles du chou rouge.

C'est parce que les matières colorantes bleues, dans les plantes, sont généralement plus altérables que les matières jaunes, qu'on peut s'expliquer pourquoi la chlorophylle, lorsqu'elle commence à s'altérer ou à se décomposer sous l'influence de la lumière, contracte d'abord une couleur jaune; c'est ce qui arrive même avec les solutions alcooliques vertes obtenues par macération des parties herbacées des plantes. On explique de même la coloration jaune que contractent les feuilles de nos arbres, lorsque la vie y languit en automne ou est près de s'éteindre. La partie bleue de la chlorophylle se décomposant alors la première, le jaune doit devenir prédominant, et on voit manifestement au microscope que, dans les feuilles automnales jaunies, les granules verts de chlorophylle sont devenus jaunes. Rien n'empêche donc que nous considérions la xanthophylle comme une substance analogue au principe colorant jaune de la chlorophylle, et sa nature grasse, constatée par Berzelius, peut provenir de son association avec le principe gras que l'on rencontre toujours dans la chlorophylle.

Quant à la coloration rouge que contractent certaines feuilles à l'automne, elle paraît encore trouver son point de départ dans la chlorophylle; car ces feuilles rouges offrent souvent une réaction acide. Or, il est possible que cet acide se soit développé avant la destruction de la matière colorante bleue de la chlorophylle, ou pendant que les cellules chlorophyllifères peuvent encore produire de la matière bleue; dans ce cas, celle-ci rougira par sa combinaison avec l'acide et elle deviendra en même temps plus stable : car il est facile de constater que la matière bleue des fleurs, qui a été rougie par un acide, est beaucoup moins altérable que lorsqu'elle n'est pas combinée à cet acide. On peut donc considérer la couleur rouge des feuilles automnales comme constituant le plus souvent du rouge cyanique; aussi le rouge de la plupart de ces feuilles passe au bleu par les alcalis, et quelquefois aussi au vert; ce qui a lieu quand la feuille contient en même temps encore de la xanthophylle ou de la matière jaune, qui, avec le bleu susdit, donnera le vert.

Il ne faut pas conclure de ce qui précède que le rouge, dans les feuilles automnales, soit constamment du rouge cyanique; car ces feuilles, et surtout les feuilles hivernales, peuvent évidemment aussi renfermer du rouge xanthique provenant du jaune de la chlorophylle ou de la feuille, sans aucune intervention de substances acides. Il n'est pas rare de trouver en hiver, sur certaines plantes, des feuilles jaunes qui renferment, à côté de la xanthophylle, un peu de suc rouge nullement acide. C'est ce que j'ai remarqué, entre autres, dans les feuilles jaunes qui tombent en hiver des orangers. Lorsqu'après avoir découpé ces feuilles, on les laisse macérer dans l'éther, elles cèdent à ce dernier leur matière jaune ou la xanthophylle, et au-dessous de l'éther fortement coloré en jaune, on trouve une petite

couche d'un liquide aqueux, d'un rouge fauve, jaunissant fortement par les alcalis et rougissant faiblement par les acides.

L'*érytrophylle,* ou le principe colorant rouge des feuilles, n'est donc pas toujours de même nature, comme on a eu tort de l'avancer; mais il existe généralement dans les feuilles à l'état soluble ou de suc aqueux. Celui qui s'y développe postérieurement à la xanthophylle, comme dans plusieurs feuilles hivernales de plantes de pleine terre, qui, quoique jaunes, restent souvent encore longtemps attachées aux tiges lorsque l'hiver est doux, semble provenir d'une altération de la xanthophylle, probablement de son oxygénation, et appartient toujours alors à la série xanthique. C'est ce que j'ai reconnu en laissant macérer ces feuilles hivernales dans l'éther, qui, tout en dissolvant la xanthophylle, exprime des feuilles un peu de suc d'un rouge fauve qui s'amasse au fond de ce liquide, n'offre aucune réaction acide, jaunit par les alcalis, et rougit de nouveau plus ou moins par les acides. Ce rouge xanthique m'a paru aussi être tant soit peu soluble dans l'éther; car l'évaporation de la teinture éthérée obtenue avec des feuilles jaunes qui, par un long séjour à l'air, ont un peu rougi, laisse toujours un résidu d'un jaune plus ou moins rougeâtre.

Toutes les fois que les feuilles prennent une couleur différente du vert, la chlorophylle verte y diminue notablement, sans devenir absolument nulle, ainsi que cela a lieu dans les choux rouges. J'ai laissé macérer dans l'éther des feuilles d'une variété de chou crépu à couleur rose pâle, et j'ai obtenu au bout de vingt-quatre heures une teinture éthérée d'un jaune verdâtre, surnageant un suc de couleur rosée, neutre aux papiers réactifs, jaunissant vivement par les alcalis et redevenant rouge par les acides. Ici la matière colorante bleue qu'on trouve dans les choux rouges man-

que complétement; on n'y trouve que le principe colorant jaune, offrant absolument les mêmes réactions que dans le chou rouge. Quant à la teinture éthérée, sa couleur annonçait que les feuilles employées n'étaient pas entièrement dépourvues de chlorophylle; aussi son évaporation a laissé un léger résidu de chlorophylle mêlée avec de la matière jaune. Une infusion aqueuse des feuilles de ce chou rose m'a donné un liquide incolore, jaunissant par les alcalis, au lieu de verdir comme l'infusion du chou rouge ordinaire.

La présence du principe colorant jaune sans le principe colorant bleu, dans les feuilles susdites, m'avait fait espérer que d'autres feuilles pourraient présenter le principe bleu sans le jaune. Dans ce but, j'ai fait macérer dans l'éther les pédoncules et les bractées d'un beau bleu de ciel de certains *Eryngium*, et entre autres de l'*Eryngium Leavenworthii;* mais au bout de vingt-quatre heures, je n'ai obtenu qu'une teinture éthérée d'un jaune verdâtre, dont l'évaporation ne m'a fourni d'autre résidu qu'un peu de chlorophylle mêlée au principe colorant jaunâtre propre aux feuilles de chou rouge, principe qui brunit par l'acide sulfurique concentré, jaunit par les alcalis et se dissout facilement dans l'eau. Aucune trace de la matière colorante bleue ne s'est manifestée, sans doute parce que cette matière, lorsqu'elle n'est pas unie à un acide, se détruit de suite dans l'éther, comme on peut s'en assurer avec toutes les fleurs bleues. D'ailleurs, le bleu, dans les bractées des *Eryngium*, est accompagné d'une telle quantité de la matière organique susceptible de jaunir fortement par les alcalis, qu'une infusion aqueuse de ces bractées jaunit par la potasse au lieu de verdir.

Tous les phénomènes de coloration des feuilles s'expli-

quent parfaitement en admettant que la chlorophylle renferme deux matières colorantes différentes, l'une bleue, l'autre jaune, et que ces matières colorantes peuvent parfois se former séparément dans des cellules distinctes. Dans ce système, les variations de teinte que la partie verte offre dans diverses plantes et à diverses époques de la vie de celles-ci, variations que Schleiden a attribuées au mélange de la chlorophylle avec les matières bleue et jaune, qui peuvent provenir, dit-il, de sa décomposition, pourront être attribuées plutôt aux changements dans la proportion suivant laquelle le bleu et le jaune sont associés dans la chlorophylle. Les panachures jaunes de certaines feuilles, comme dans l'*Ilex aquifolium foliis variegatis*, dans l'*Aucuba japonica*, proviennent de ce que certaines cellules ne renferment que la matière jaune de la chlorophylle.

J'ai fait macérer dans de l'éther les parties jaunes des feuilles d'un *Rhamnus alaternus*, *foliis luteo-variegatis*, et au bout de 48 heures, j'ai obtenu une teinture éthérée jaune, qui, par l'évaporation, a donné un résidu de matière jaunâtre, offrant toutes les réactions de la xanthophylle; elle prenait une couleur jaune plus foncée par une solution de potasse, et devenait brune par le contact de l'acide sulfurique concentré.

Les variations de teinte dans la chlorophylle doivent être d'autant plus marquées que cette substance semble même se décomposer pendant la vie de la plante. « La chlorophylle, dit Berzelius (1), se détruit continuellement; mais » les plantes conservent leur couleur verte, parce qu'elle

---

(1) *Rapport annuel sur les progrès de la chimie*, édition française, 6e année. p. 244.

» se réforme incessamment. C'est pour cette raison que
» les plantes perdent leur couleur verte dans les rayons
» qui ne peuvent pas engendrer la chlorophylle, et elles
» se décolorent d'autant plus vite que les rayons qui leur
» arrivent possèdent cette propriété à un moindre degré.
» Par conséquent, une plante verte se décolore quand on
» l'expose pendant longtemps à la lumière bleue pure,
» bien que celle-ci ne soit pas tout à fait dépourvue de la
» faculté de produire de la chlorophylle. Elles se décolo-
» rent encore plus vite dans la lumière rouge et dans la
» lumière violette. »

Le principe colorant bleu semble prédominer souvent sur le principe jaune dans la chlorophylle récemment formée, et cela d'autant plus que sa couleur est généralement beaucoup plus foncée que celle du principe jaune. De là la teinte bleuâtre de beaucoup de feuilles jeunes, qui, en vieillissant, verdissent davantage, et finissent enfin par devenir jaunâtres, lorsque la matière colorante jaune est devenue prédominante sur la matière bleue. Celle-ci se décompose toujours la première sous l'influence de la lumière; aussi dans les plantes qui croissent à l'abri de la lumière, les feuilles tombent, d'après Meyen, avec leur couleur verte.

Il résulte de ce que nous venons de dire que la matière colorante jaune des feuilles automnales, qu'on a appelée *xanthophylle*, existerait toute formée dans la chlorophylle; c'est en effet ce que l'expérience tend à prouver. La xanthophylle offre tous les caractères de solubilité de la chlorophylle; elle est, comme elle, soluble dans l'alcool, dans l'éther, et insoluble dans l'eau; elle est aussi associée à un principe gras comme l'a reconnu Berzelius. On peut l'extraire des feuilles avec la même facilité et à l'aide des mêmes dissolvants que la matière colorante verte;

et une solution alcoolique ou éthérée de cette dernière, qui a jauni par une exposition suffisamment prolongée à la lumière, se comporte, avec les divers réactifs, de la même manière qu'une solution alcoolique ou éthérée jaune, obtenue en laissant macérer, pendant un ou deux jours dans l'alcool ou dans l'éther, des feuilles jaunes automnales, recueillies peu de temps avant ou après leur chute des arbres. L'une et l'autre de ces solutions évaporées laissent un résidu jaunâtre analogue, que l'acide sulfurique concentré brunit fortement. En contact avec les alcalis, ce même résidu gagne une couleur jaune plus foncée. En tout cas, la réaction est la même, soit qu'on opère sur la xanthophylle extraite des feuilles jaunes automnales, soit qu'on opère sur le résidu d'une solution alcoolique verte de chlorophylle, qu'on a laissée jaunir à la lumière avant de l'évaporer. Il est donc permis de croire que le jaune des feuilles automnales n'est que de la chlorophylle altérée sous l'influence de la lumière et de l'air; cette opinion a déjà été mise en avant dans le Dictionnaire de chimie de MM. Liebig et Poggendorff, parce qu'on avait reconnu que lorsqu'une solution verte de chlorophylle dans l'éther est devenue jaune au bout de quelque temps, et qu'on l'évapore dans cet état, elle ne donne pour résidu que de la xanthophylle, sans aucun mélange de chlorophylle (1).

Tous ces phénomènes se conçoivent aisément en admettant que la chlorophylle ne diffère de la xanthophylle que parce qu'indépendamment de cette dernière, elle renferme en même temps un principe colorant bleu, analogue à celui qui teint les fleurs en bleu et qu'on rencontre aussi dans les choux rouges. Or, on sait que cette matière

---

(1) Liebig, *Handwörterbuch der Chimie*, t. I, p. 803.

bleue, lorsqu'elle est en dissolution dans l'eau, se décolore très-vite sous l'influence de la lumière et de l'air, comme aussi en présence de l'hydrogène naissant. Par la même raison, la chlorophylle, lorsqu'elle est à l'état de dissolution, jaunit vite à la lumière. Elle jaunit surtout très-vite sous l'influence de l'hydrogène naissant. Que l'on prenne une solution verte de chlorophylle dans de l'acide chlorhydrogène légèrement dilué, que l'on y plonge des lames de zinc et qu'on abrite le liquide autant que possible de l'accès de l'oxygène en ne le faisant communiquer avec l'air que par un orifice étroit, donnant passage à l'hydrogène qui se dégage, on verra le liquide jaunir promptement.

L'association, dans la chlorophylle, d'un principe colorant bleu à une matière colorante jaune, dans la proportion nécessaire pour former du vert, ne doit aucunement nous surprendre; car cette réunion des deux couleurs existe jusqu'à un certain point dans beaucoup de fleurs bleues, où, à côté de la matière bleue, se trouve, comme dans les feuilles du chou rouge, tant soit peu d'un suc jaunâtre-pâle, jaunissant fortement par les alcalis, qui verdissent pour cette raison les fleurs en question. On peut facilement constater l'exactitude de ce que je viens de dire en laissant macérer dans l'éther les belles fleurs bleues de l'*Eranthemun strictum.* Ces fleurs perdent leur couleur bleue dans l'éther en moins de deux heures et prennent une couleur d'un jaune-pâle sale; elles communiquent aussi à l'éther une teinte jaunâtre, surtout après vingt-quatre heures de macération, et lorsqu'on vient ensuite à évaporer ce liquide, on obtient un résidu jaunâtre extractiforme, qui jaunit fortement par les alcalis et est soluble dans l'alcool et dans l'eau.

S'il y a beaucoup de rapports entre le principe colorant bleu des fleurs et celui qui se trouve dans les feuilles du

chou rouge ou dans la chlorophylle verte, il y a également une grande analogie entre la xanthophylle et la matière jaune de la plupart des fleurs, telle que celle des narcisses, celle des sépales des *Strelitzia*, etc. Toutes ces matières colorantes jaunes sont presque insolubles dans l'eau, mais solubles dans l'alcool et dans l'éther, qu'elles teignent en jaune. Toutes peuvent passer au rouge ou donner naissance à une matière colorante rouge, sous l'influence de l'oxygène ou des agents atmosphériques : ainsi on rencontre plus d'une fois des feuilles jaunes automnales qui, à mesure que l'hiver avance, finissent par contracter une teinte rougeâtre, surtout si les gelées précoces ne viennent pas les détruire de bonne heure. Or, dans ce cas, ces feuilles, qui, recueillies en automne et macérées dans l'éther, n'auraient donné qu'une solution éthérée jaune de xanthophylle sans aucune substance rouge; recueillies, au contraire, à la fin de décembre et mises en macération dans l'éther, elles laissent échapper un peu de suc rouge qui se dépose au fond de l'éther, pendant que celui-ci dissout la xanthophylle. Ce suc rouge n'est pas acide comme celui des feuilles qui renferment du rouge d'origine cyanique, et les alcalis, au lieu de le bleuir, le jaunissent fortement; tandis que les acides le font retourner au rouge, mais sans le rougir très-vivement. J'ai constaté surtout ces phénomènes avec des feuilles jaunes d'orangers recueillies à la fin de décembre, comme aussi avec des feuilles jaunes de plusieurs plantes herbacées communes, croissant en pleine terre, et recueillies au commencement de janvier 1853. Le peu de suc rouge que l'éther expulse de ces feuilles m'a offert exactement les mêmes réactions que le suc rouge plus abondant, exprimé par ce liquide des feuilles rougeâtres du *Dracaena ferrea.*

Il résulte de là que l'érytrophylle qui se développe tar-

divement dans beaucoup de feuilles jaunes, après que toute la chlorophylle s'y est déjà transformée en xanthophylle, provient de celle-ci, sans doute par quelque altération chimique, tandis que l'érytrophylle, qui se développe de bonne heure en automne en même temps que la xanthophylle, paraît provenir de l'*anthocyane* ou du bleu de la chlorophylle, rougi par un acide; elle est donc d'origine cyanique, tandis que l'autre appartient à la série xanthique.

Le rouge de la plupart des fleurs procède du jaune ou appartient à la série xanthique; il diffère de l'*anthoxantine* par sa solubilité dans l'eau et son peu de solubilité dans l'éther. Aussi se sépare-t-il facilement de la matière jaune au moyen de l'éther dans lequel on laisse macérer les fleurs rouges. Si on tient, par exemple, des fleurs rouges de *Gesneria* immergées dans l'éther, celui-ci dissout un peu de matière colorante jaune pendant qu'il déplace des fleurs plus ou moins de suc aqueux rouge, devenant d'un jaune brun par les alcalis et retournant au rouge par les acides. Le liquide éthéré évaporé laisse une matière jaune, devenant brune par l'acide sulfurique concentré, à l'instar de la xanthophylle.

En opérant de la même manière avec des fleurs rouge foncé du *Camellia japonica*, j'ai obtenu, au bout de deux heures de macération dans l'éther, un liquide éthéré jaunâtre, au fond duquel se trouvait un suc aqueux rouge. qui verdissait par les alcalis et retournait au rouge vif par les acides. Ce suc renfermait donc, outre le rouge xanthique, jaunissant par les alcalis, un peu de rouge cyanique, que les alcalis bleuissent; d'où la coloration verte. Mais telle est l'altérabilité de ce rouge cyanique en présence de l'éther, qu'au bout de vingt-quatre heures de séjour du suc rouge sous l'éther, sa couleur a pris une teinte fauve, et alors les alcalis ne font plus que le jaunir

et les acides ne le rougissent plus aussi vivement. C'est que rien n'est aussi altérable dans l'éther que le bleu des fleurs, ou l'*anthocyane;* aussi les fleurs bleues se décolorent dans l'éther au bout de deux à quatre heures, avec destruction complète de leur matière colorante bleue.

Comme le jaune passe facilement au rouge par l'oxygénation, on conçoit qu'il y aura peu de fleurs jaunes, de celles au moins dont la durée n'est pas éphémère, où le jaune ne soit plus ou moins mêlé de rouge, vu surtout que, dans la corolle, il se fait un travail continuel d'oxygénation. L'expérience confirme cette déduction de la théorie. Ayant laissé macérer dans l'éther des fleurs ligulées intensivement jaunes du *Chrysanthemum coronarium*, j'ai obtenu, au bout de vingt-quatre heures, une solution d'un jaune intense; mais, à ma grande surprise, je vis au fond de l'éther un peu de suc oléagineux d'un rouge fauve, quoique les fleurs n'offrissent pas la moindre teinte rougeâtre. Ce suc était neutre, prenait une couleur jaune franc par les alcalis et ne retournait que faiblement au rouge par les acides. C'était évidemment du rouge xanthique. Quant au liquide éthéré, il laissait, après évaporation, un résidu jaune, semblable à la xanthophylle extraite par l'éther des feuilles jaunes automnales et offrant absolument les mêmes réactions que cette dernière, tant avec l'acide sulfurique concentré, qu'avec les solutions alcalines et les acides dilués.

En laissant macérer dans l'éther des fleurs ligulées fraîches du *Chrysanthemum indicum* à couleur d'un jaune fauve tirant sur le rouge, j'ai obtenu, au fond de l'éther, beaucoup de suc aqueux d'un rouge fauve, neutre aux papiers réactifs, prenant une couleur jaune intense par les alcalis et retournant au rouge par les acides. Ici la matière colorante jaune de la fleur était passée, pour la majeure

partie, au rouge; aussi l'éther n'était que faiblement coloré en jaune et n'a donné, par l'évaporation, que très-peu de résidu jaune, du reste identique avec celui obtenu du *Chrysanthemum coronarium.*

J'ai aussi laissé macérer dans l'éther les sépales jaune orangé des fleurs du *Strelitzia.* On obtient encore ici une teinture éthérée jaune, qui, évaporée, laisse un résidu jaune un peu rougeâtre, neutre aux papiers réactifs et ne changeant pas notablement de couleur, ni par les alcalis, ni par les acides faibles; mais par l'addition d'un peu d'acide sulfurique concentré, il a pris une belle couleur bleue, qui passait de nouveau au jaune, soit par les alcalis, soit par l'addition d'un peu d'éther.

Cette coloration bleue différencie la matière jaune de la fleur de *Strelitzia* de celle des fleurs de *Chrysanthemum,* comme aussi de la xanthophylle. Toutefois, il ne faudrait pas en déduire qu'elle constitue une matière colorante entièrement distincte de celle-ci; car on sait que la chlorophylle, par la xanthophylle qu'elle renferme, donne, en se dissolvant dans l'acide sulfurique monohydraté, une liqueur d'un vert bleuâtre intense. La xanthophylle semble donc aussi avoir la propriété de bleuir dans certaines circonstances par l'acide sulfurique concentré, et c'est de cette propriété que Clamor Marquart avait déduit la conséquence que le bleu des fleurs ou l'*anthocyane* résultait de la déshydratation de la matière jaune ou *anthoxantine*, et, par conséquent, aussi de celle de la chlorophylle dans laquelle on peut supposer que l'anthoxantine existe toute formée.

Mais cette opinion, qui tendrait à faire dériver du jaune toutes les couleurs des fleurs, a été abandonnée avec raison, parce que Marquart n'a pas prouvé que l'acide sulfurique concentré agit sur l'anthoxantine par déshydrata-

tion. A cette raison, par laquelle Schleiden combat la théorie de Marquart, on peut en ajouter d'autres, bien plus concluantes. S'il était vrai que le principe colorant bleu des fleurs n'était que de l'anthoxantine déshydratée, il ne contiendrait jamais de l'azote dans sa composition, puisque cet élément n'a été rencontré jusqu'ici ni dans la matière jaune des fleurs, ni dans celle des feuilles automnales ou xanthophylle. Au contraire, la matière bleue des fleurs est toujours azotée. C'est ce qui a été constaté surtout par M. Morot (1) sur les fleurs de bluets, dont l'éther, tout en dissolvant une matière jaune qui est de nature grasse ou cireuse, déplace une liqueur d'un bleu superbe, se rassemblant au fond de l'éther et qui est *azotée.* J'ai aussi rencontré de l'azote dans la matière bleue que l'éther déplace des feuilles de chou rouge sous la forme d'un suc pourpre ou bleu rougeâtre. Ce suc, dans lequel j'avais constaté préalablement l'absence de l'albumine, concentré au bain-marie et additionné ensuite de chaux vive, laisse dégager un peu d'ammoniaque.

Ce qui montre d'ailleurs, d'une manière péremptoire, que la substance bleue, que l'on obtient par l'action de l'acide sulfurique concentré sur la matière jaune extraite par l'éther des sépales de *Strelitzia,* n'est pas de l'*anthocyane*, ou le bleu ordinaire des fleurs, c'est qu'elle ne rougit pas par les acides et qu'elle passe au jaune par les alcalis les plus faibles. L'addition seule de l'eau suffit, au reste, pour la décolorer en peu de temps. Ce n'est donc qu'un produit de décomposition de la matière colorante jaune, qui lui-même est très-altérable.

Quoi qu'il en soit, la matière colorante jaune n'offre pas

---

(1) *Annales des sciences naturelles*, année 1849, p. 223.

dans toutes les fleurs absolument les mêmes caractères. Celle des fleurs de carthame est bien plus soluble dans l'eau que celle de la plupart des autres fleurs jaunes et aussi que la xanthophylle. Mais ceci provient probablement de ce qu'elle n'est pas associée toujours au principe gras que l'on a rencontré dans la xanthophylle et dans le jaune des fleurs de narcisses. Il ne serait pas surprenant, du reste, que lorsque la matière jaune de la chlorophylle est exposée dans la corolle à l'action comburante de l'oxygène continuellement absorbé par cet organe, elle ne perdît souvent le principe gras auquel elle est associée, parce que c'est sur ce principe que l'oxygène portera principalement son action.

Comme le bleu et le jaune constituent les couleurs fondamentales des fleurs, que celles-ci ne se forment généralement qu'après les feuilles, c'est-à-dire après la chlorophylle, qu'elles commencent même par être vertes dans le bouton, il ne serait pas impossible que leur coloration eût son point de départ dans la chlorophylle, ou qu'elle provînt de sa décomposition (1); ce qui expliquerait pourquoi, en étiolant par l'absence de lumière les feuilles qui sont dans le voisinage d'un bouton à fleur, on nuit à l'éclat et à la vivacité de la couleur de celle-ci.

Il est possible, au reste, que les couleurs si vives que les corolles nous offrent résultent de l'oxygénation qu'y subissent des principes organiques, peu ou point colorés au moment de leur formation, et qui proviennent des mêmes cellules que celles qui sont capables de produire

---

(1) Nous savons, depuis les travaux de Mulder sur la chlorophylle, que cette substance, dissoute dans l'acide chlorhydrique, se laisse décomposer en une matière jaune qui se précipite et en une substance bleue qui reste dissoute. (Morot, *Annales des sciences naturelles*, 1849, p. 164.)

de la chlorophylle dans des circonstances déterminées. La chimie nous a démontré, en effet, qu'une foule de matières colorantes ne se forment que par l'action de l'oxygène sur certains principes organiques, souvent incolores par eux-mêmes; et comme dans les corolles il y a une absorption continuelle d'oxygène, il est probable que ce gaz concourt à produire leur coloration. Nous connaissons la belle expérience de M. Preisser, qui a plongé dans de l'eau bleuie par l'acide sulfo-indigotique (sulfate d'indigo) une balsamine avec ses racines, et a reconnu que la plante, tout en absorbant le liquide, ne devenait pas bleue, mais que les fleurs devenaient bleues : de sorte qu'il fallait admettre que l'indigo avait été décoloré dans les organes de nutrition de la plante par désoxygénation, et que, sous l'influence oxydante de la corolle, il avait repris sa couleur bleue.

Il se pourrait donc que les fleurs reçussent des parties herbacées des substances qui, quoique peu ou point colorées dans le lieu de leur origine, se transforment en matières colorantes très-vives lors de leur oxygénation dans la corolle. Ainsi le chou rouge, dont les fleurs sont jaunes, pourrait bien puiser la couleur de ces dernières dans le suc jaunâtre à peine coloré qui se trouve dans la couche cellulaire immédiatement sous-jacente à la mince couche sous-épidermique gorgée d'un suc pourpre ou rouge, donnant sa couleur aux feuilles de la plante.

Comme les couleurs fondamentales, bleue et jaune, existent réunies dans la chlorophylle et, par suite, dans les feuilles, on conçoit qu'elles peuvent l'être également dans la corolle : cependant cette coexistence n'a pas souvent lieu, du moins dans la proportion propre à produire le vert. En général, l'une des deux couleurs prédomine, et c'est le plus souvent la couleur jaune, parce qu'elle est

beaucoup moins altérable que la couleur bleue. Aussi celle-ci ne se rencontre guère que dans les plantes qui aiment une exposition ombragée, parce que la vive lumière détruit le bleu. Par la même raison, on trouve plus de fleurs appartenant à la série xanthique qu'à la série cyanique, et la couleur rouge des fleurs dérive ordinairement du jaune et non du bleu, comme il est facile de s'en assurer à l'aide des alcalis, qui font passer au bleu le rouge cyanique et plus ou moins au jaune le rouge xanthique. Aussi quand les deux rouges sont mêlés dans une fleur, ce qui ne m'a pas paru fort rare, la corolle verdit plus ou moins sous l'influence des alcalis. Cette réunion des deux espèces de rouge existe à un certain degré dans la fleur des *Hortensia*, qui, à raison du rouge cyanique, peut passer au bleu dans la culture; mais qui, par les alcalis, ne donne jamais du bleu pur. Elle existe aussi dans quelques variétés du *Chrysanthemum indicum* à fleur purpurine ou d'un rouge violacé. Ces fleurs se colorent en bleu verdâtre dans les solutions alcalines. Il n'est pas inutile de faire observer ici que celles-ci ne doivent jamais être trop fortes ou concentrées lorsqu'on les emploie pour constater la nature d'une couleur rouge des plantes; car une forte solution de potasse altère ordinairement le principe colorant bleu en le jaunissant; de sorte qu'une solution concentrée de potasse, au lieu de bleuir le rouge cyanique, peut lui donner une teinte jaunâtre. C'est surtout en opérant sur les fleurs, que cet inconvénient est à craindre. Il est moins marqué quand on opère sur des feuilles, parce que leur épiderme étant plus épais ou moins perméable aux liquides du dehors, ne laisse pénétrer ceux-ci que fort lentement dans le parenchyme sous-jacent où se trouve le principe rouge.

Il importe donc, pour ne pas confondre le rouge cya-

nique avec le rouge xanthique, de ne faire agir généralement sur le premier que les alcalis à faible dose. Pour s'en convaincre, il suffit d'opérer avec une infusion aqueuse de chou rouge, qui, comme on sait, contient du rouge cyanique plus ou moins bleuâtre, associé à un principe organique susceptible de se colorer en jaune foncé par les alcalis. Cette infusion devient d'un beau vert quand on n'y verse que peu de potasse, par les raisons déjà exposées plus haut; mais si on y verse une quantité très-forte de potasse, la couleur devient jaunâtre. Le principe bleu est alors entièrement masqué ou jauni par l'excès de potasse; mais en enlevant cet excès par un acide, on peut ramener la couleur au vert (1).

Le rouge cyanique se distingue encore du rouge xanthique, parce que le premier offre une réaction plus ou moins acide, qui manque ordinairement dans le rouge xanthique.

Comme les matières bleues végétales sont généralement azotées, ce qui n'est pas le cas pour les matières jaunes, on

---

(1) Il est d'autant plus important de n'employer qu'une faible solution alcaline pour constater la nature du rouge cyanique, que, si l'on extrait le principe colorant bleu de certaines fleurs, en les faisant macérer pendant quelques jours avec de l'alcool à 50 degrés centésimaux, et qu'on évapore ensuite au bain-marie le liquide alcoolique, on obtient une matière bleue extractiforme qui rougit par les acides et jaunit par les alcalis. Si on emploie ces derniers en quantité assez minime pour ne jaunir qu'une partie de la matière extractive, on obtient alors du vert par le mélange du jaune et du bleu. Ces caractères sont les mêmes que ceux que nous offre la matière colorante des feuilles de chou rouge; nouvelle preuve de l'identité du bleu des fleurs avec celui des parties foliacées. Au reste, si le bleu de la plupart des fleurs, extrait par l'alcool, jaunit fortement par la potasse, cela peut tenir à ce qu'il est généralement accompagné, comme dans les feuilles de chou rouge, d'un principe organique d'un jaune très-pâle, qui se colore en jaune foncé au contact des alcalis.

peut expliquer ainsi la plus grande altérabilité des premières, surtout en présence des alcalis forts, qui tendent à les décomposer avec dégagement d'ammoniaque. D'après cela, la présence d'un acide, tout en les rougissant, doit les rendre plus stables. Aussi le rouge cyanique est une couleur assez fixe, comme on l'observe sur les feuilles du *Begonia sanguinea*, sur celles du *Lobelia ignea* Paxton.

Dans les feuilles rouges automnales, et dans celles presque entièrement rouges du *Lobelia ignea*, il existe encore de la xanthophylle ou de la matière jaune. Aussi en plongeant ces feuilles dans une solution de potasse pas trop forte, on les voit passer en peu de temps au vert. Elles offrent alors la couleur verte ordinaire des feuilles; ce qui vient à l'appui de l'opinion que le vert de la chlorophylle provient du bleu et du jaune réunis. On voit aussi par cette expérience qu'il est inexact de dire avec quelques savants, que la chlorophylle une fois altérée dans sa couleur ne saurait être reproduite; car les feuilles du *Lobelia ignea* verdies par les alcalis, comme il a été dit ci-dessus, offrent, même au microscope, tous les caractères des feuilles vertes ordinaires.

Si le rouge des feuilles automnales et le rouge des fruits appartiennent le plus souvent à la série cyanique, il n'en est pas de même du rouge des fleurs; et quoi qu'en ait dit Berzelius, on trouve peu de fleurs rouges qui bleuissent ou verdissent par les alcalis. Ainsi les fleurs rouges de l'*Euphorbia Boyeri*, des *Ixora*, des *Gesneria*, de l'*Achimenes coccinea*, etc., ne bleuissent et ne verdissent pas par les alcalis. Aussi je ne crains pas de dire que les $^{9}/_{10}$es des fleurs rouges appartiennent à la série xanthique. Dans les feuilles qui sont naturellement rouges dès leur jeune âge, comme dans les bractées écarlates de divers *Billbergia*, c'est encore le rouge xanthique qui domine; tandis

que le rouge cyanique se rencontre le plus souvent dans les parties herbacées qui sont devenues accidentellement rouges ou par suite des progrès de leur végétation. Ce rouge cyanique est souvent mêlé à de la matière colorante jaune dans les feuilles et même dans quelques fleurs, et dans ce cas, il verdit par les alcalis.

C'est la réunion accidentelle du jaune ou du rouge xanthique avec le rouge cyanique dans certaines fleurs, qui donne lieu à ces variations de couleurs, anormales, qui ne se rangent dans aucune des deux séries *cyanique* et *xanthique*.

Il est rare de trouver dans une corolle la couleur bleue mêlée à la couleur jaune en proportion convenable pour faire du vert : cependant cela se rencontre quelquefois, comme dans l'*Aquilegia viridiflora*, dans l'*Epidendrum Parkinsonianum*, où les pétales et les sépales sont vertes, sauf le *labellum*, qui est blanc.

Lorsque les matières colorantes existent dans les plantes à l'état de dissolution et non à l'état de granules ou de matière insoluble, on peut facilement les extraire et les séparer des substances colorantes insolubles, pourvu que celles-ci soient aussi insolubles dans l'éther. Dans ce cas, on n'a qu'à plonger les parties colorées fraîches et humides dans l'éther. Au bout de vingt-quatre à quarante-huit heures de macération, l'éther aura pénétré par endosmose dans les cellules remplies des sucs colorés et en aura déplacé ceux-ci, qui vont former une couche de liquide coloré aqueux au-dessous de l'éther dans le flacon. On conçoit qu'aucune matière insoluble ne pourra ainsi être expulsée du végétal par l'éther, à moins que celui-ci ne puisse la dissoudre. En opérant comme je viens de le dire, on extrait facilement les sucs colorés des feuilles du chou rouge. On obtient ainsi au fond de l'éther, qui reste

parfaitement incolore, une couche de liquide d'un bleu rougeâtre à réaction un peu acide, verdissant par les alcalis et rougissant vivement par les acides. Mais il ne faut pas que ce liquide reste plus de quarante-huit heures en contact avec l'éther; sans cela il s'altère, même dans l'obscurité, et prend une couleur d'un jaune fauve; ce qui annonce l'altération ou la décomposition de la matière colorante bleue. Aussi, dans ce cas, le liquide ne verdit plus par les alcalis; mais il peut encore rougir par les acides à raison de l'action de ces derniers sur la matière jaunâtre des feuilles. Toutefois, après quatre ou cinq jours de macération, cette matière colorante est détruite à son tour, et alors le liquide ne rougit plus par les acides. Il semble donc que le principe colorant jaune dans le chou rouge est beaucoup moins stable que le jaune de la plupart des fleurs ou celui des feuilles automnales; mais ceci dépend sans doute de sa plus grande solubilité dans l'eau et de ce qu'il n'est pas uni à un principe gras qui le rend insoluble dans ce liquide, à l'instar de la xanthophylle. Par la même raison, il est beaucoup plus sensible que celle-ci à l'action des acides et des alcalis, qui modifient sa couleur bien plus profondément. En tout cas, il est tant soit peu soluble dans l'éther, quoique celui-ci ne se colore aucunement, même par une macération de deux jours avec des feuilles de chou rouge; mais si on évapore ensuite cet éther, on a pour résidu une pellicule de matière jaunâtre, devenant d'un jaune vif par les alcalis et ensuite rouge par les acides. L'acide sulfurique concentré ne la bleuit pas. On n'y trouve, au reste, aucune trace de chlorophylle.

On extrait aussi facilement par l'éther la matière rouge qui colore les tiges aplaties de l'*Epiphyllum truncatum* var. *rubrum*. Quand on introduit cette tige, découpée en

petits fragments, dans un flacon allongé rempli d'éther, on trouve, au bout de 2 à 3 jours, au fond de l'éther un suc très-rouge et visqueux, pendant que les fragments se sont décolorés, et l'éther n'a pris qu'une légère teinte jaune verdâtre, que les alcalis et les acides ne modifient en aucune manière; mais le suc rouge, qui est entièrement neutre, jaunit par les alcalis et retourne au rouge par les acides, absolument comme la couleur rouge des fleurs de cette plante. C'est donc du rouge xanthique, qui s'est produit non-seulement dans la fleur, mais aussi dans la partie herbacée du végétal. Ce suc étant de même nature dans toute l'étendue de la plante, semble reconnaître une même origine. L'éther, dans cette expérience, n'ayant pris qu'une faible couleur d'un vert jaunâtre, c'est un indice que la plante ne renferme que peu de chlorophylle mélangée au suc rouge. Car toutes les fois qu'on plonge dans l'éther une partie herbacée verte, l'éther se colore fortement en vert en moins de 24 heures. Ici l'éther n'accusait la présence que d'une minime quantité de chlorophylle, qui était même en voie de décomposition, en égard à sa couleur jaunâtre.

Comme les feuilles de chou rouge découpées en fragments et immergées dans l'éther se décolorent entièrement au bout de 48 heures, sans communiquer à ce liquide la moindre coloration, quoiqu'on les ait tenues dans l'obscurité, c'est un indice qu'elles ne renferment pas de chlorophylle, dont le microscope, au reste, n'annonce aucunement la présence dans ces feuilles.

Quelques botanistes ont donc eu tort d'avancer que les feuilles colorées renferment constamment, à côté du suc qui les colore, des granules de chlorophylle verte, dont la couleur est masquée par celle du suc. Ces granules, à la vérité, existent parfois dans les feuilles colorées, surtout

dans la couche cellulaire sous-jacente à celle qui contient les liquides colorants. C'est ce qui est très-manifeste dans les feuilles des *Begonia discolor* et *sanguinea;* mais la chlorophylle manque aussi souvent lorsque la feuille entière offre une coloration pétaloïde bien prononcée et que son mésophylle est très-mince. Ainsi dans les feuilles membraneuses et entièrement rouges du *Dracaena ferrea*, il n'y a qu'un suc rouge sans chlorophylle; car elles se décolorent dans l'éther, qui lui-même reste incolore, pendant qu'il se rassemble au fond du flacon un liquide rouge aqueux neutre, jaunissant par les alcalis et rougissant de nouveau par les acides.

En tout cas, l'éther peut toujours servir à reconnaître la présence de la chlorophylle verte, et à la séparer même des sucs colorés aqueux qui se déposent généralement au fond de l'éther dans lequel ils sont ordinairement insolubles. C'est ainsi qu'en opérant avec des feuilles plus épaisses et non entièrement pétaloïdes du *Dracaena ferrea*, on constate facilement qu'à coté du suc rouge déplacé par l'éther, il se trouve encore plus ou moins de chlorophylle dont la couleur verte se dessine très-nettement sur les feuilles après qu'elles ont perdu dans l'éther leur suc rouge. Toutefois cette chlorophylle semble être en voie de décomposition dans les feuilles, puisqu'elle ne colore l'éther qu'en jaune verdâtre.

Dans les feuilles du *Begonia discolor*, on peut facilement, par une dissection un peu soignée, séparer le derme avec le parenchyme rouge contigu, qui se trouve à la face postérieure de la feuille, du reste du mésophylle contenant de la chlorophylle verte. En laissant macérer ces pellicules rouges dans l'éther, celui-ci se colore en rouge sans extraire pour cela toute la matière colorante de ces pellicules, qui restent encore fortement rouges au bout de

2 jours, quoiqu'elles aient laissé échapper un peu de suc rouge aqueux qui s'est déposé au fond de l'éther. Ce rouge, qui est d'origine cyanique, puisqu'il bleuit par les alcalis et retourne au rouge par les acides, paraît donc être peu soluble dans l'éther, aussi bien que le rouge xanthique. Toutefois, il y est plus soluble que ce dernier; car en laissant évaporer la solution éthérée rouge, obtenue comme il a été dit ci-dessus, j'ai eu pour résidu un peu de suc rouge d'une consistance sirupeuse qui offre une réaction acide très-prononcée et bleuit intensivement par les alcalis, en rougissant de nouveau par les acides.

L'emploi de l'éther est aussi très-avantageux pour faire reconnaître la nature des matières colorantes des fleurs; car il peut servir à extraire ces matières, soit à l'état de sucs colorés, soit à l'état de dissolution éthérée. Le jaune s'extrait ordinairement dans ce dernier état, tandis que les autres matières colorantes, généralement très-peu solubles dans l'éther, se laissent déplacer à l'état de sucs aqueux, qui s'accumulent au fond de l'éther et peuvent facilement en être séparés. Ainsi, en laissant macérer dans l'éther des pétales de roses de Bengale, j'ai trouvé, au bout de 24 heures, au fond de l'éther un suc aqueux de couleur rose, qui verdissait par les alcalis et rougissait très-vivement par les acides. J'ai dû conclure de là que le rouge des roses était du rouge mixte, c'est-à-dire qu'il contenait à la fois du rouge cyanique et du rouge xanthique. Il doit donc être possible à la culture d'obtenir des roses plus ou moins bleues ou d'un pourpre violacé; et l'on y parviendrait probablement en leur donnant une exposition ombragée et des engrais riches en azote, qui me paraissent devoir être favorables à la production des matières colorantes bleues.

Les fleurs d'un rouge foncé de quelques variétés de *Camellia Japonica*, soumises au même procédé d'analyse,

m'ont aussi offert la présence d'un peu de rouge cyanique, mêlé à une grande quantité de rouge xanthique.

Au contraire, dans les fleurs rouges écarlates de divers *Gesneria* et *Ixora*, je n'ai trouvé que du rouge xanthique, offrant toujours les mêmes caractères.

Ce rouge xanthique est constamment accompagné de plus ou moins de jaune dans les fleurs; ce qui tend à montrer que sa formation n'est que consécutive à celle du jaune, et qu'il constitue un dérivé de cette dernière couleur, qui se transforme probablement en rouge par l'oxygénation.

Je n'ai pas encore rencontré une seule fleur rouge de la série xanthique, qui ne renfermât en même temps un principe colorant jaune, analogue à celui des fleurs jaunes ordinaires et se séparant facilement du suc rouge par sa solubilité dans l'éther. Toutes les fleurs rouges que j'ai mises en macération dans l'éther, ont toujours laissé échapper un suc rouge qui s'amasse au fond de l'éther, pendant que celui-ci se colore en jaune plus ou moins intense, et la teinture éthérée évaporée m'a donné constamment une matière colorante jaune à teinte un peu rougeâtre, offrant, avec les alcalis et les acides, les mêmes réactions que la matière jaune qu'on extrait par l'éther des feuilles jaunes automnales. C'est ce que j'ai observé avec les fleurs rouges des *Gesneria*, des *Camellia*, des roses, du carthame, etc. D'un autre côté, toutes les fleurs jaunes non éphémères, que j'ai examinées, contenaient tant soit peu de suc rouge; séparable par l'éther, et cela d'autant plus que le jaune de la fleur avait une teinte plus orangée ou plus rougeâtre.

On peut conclure de ces faits que le jaune tend toujours à passer au rouge dans les fleurs. Les fleurs jaunes devront, d'après cela, contenir d'autant plus de suc rouge que leur durée aura été plus prolongée. C'est ce qui est conforme à l'observation. Les fleurs de *Strelitzia* nous of-

frent d'abord des sépales ou des pétales d'un jaune pur; mais bientôt ce jaune passe à l'orangé, ce qui annonce le mélange du rouge au jaune, et lorsque la fleur est près de se faner, elle offre une couleur rougeâtre bien sensible.

Nous avons vu de même (p. 128), dans les feuilles jaunes automnales, se développer au bout de quelque temps un peu de rouge xanthique. Il existe donc les plus grands rapports entre la coloration des fleurs et des feuilles. Ces rapports se montrent encore dans les fleurs dont la couleur est exceptionnellement verte. J'ai vu fleurir, dans les serres du Jardin botanique de Louvain, un *Epidendrum Parkinsonianum* dont les pétales et les sépales étaient d'un vert pâle, à l'exception du *labellum* qui était blanc. Lorsque la fleur commençait à se faner, les pétales et les sépales passèrent au jaune, comme une feuille qui se fane, et des parties jaunes de la fleur entièrement fanée, j'ai extrait, au moyen de l'éther, un principe colorant jaune, pareil à celui que donnent les feuilles jaunes automnales.

Ce principe jaune, qui est si répandu dans les fleurs, n'offre généralement qu'une faible solubilité dans l'éther, puisqu'il faut ordinairement plusieurs macérations successives dans ce liquide pour l'enlever complétement aux fleurs d'une teinte jaune foncé (1).

A côté de cette matière jaune, insoluble dans l'eau, se trouve quelquefois un peu de matière jaune soluble, qui provient probablement de quelque modification ou altération de la précédente. Caventou a reconnu la présence

(1) Ceci se remarque surtout quand on fait macérer dans l'éther les sépales d'un jaune orangé appartenant aux *Strelitzia*. Une première macération de 24 heures suffit pour déplacer tout le suc rouge de la fleur; mais il faut ensuite 8 à 10 macérations successives pour enlever à la fleur toute la matière colorante jaune.

de ces deux matières jaunes dans les fleurs du *Narcissus pseudo-narcissus*. Elles semblent encore exister réunies dans les fleurs de Carthame; car, indépendamment de la matière jaune, que les lavages à l'eau peuvent enlever aux fleurs du *Carthamus tinctorius*, celles-ci, quelque bien lavées qu'elles soient, conservent encore, à côté de la matière rouge vive, une matière jaune soluble dans l'éther qui, extraite de ce fluide par évaporation, manifeste tous les caractères propres à la matière jaune ordinaire des fleurs. Elle offre toutefois une teinte un peu rougeâtre; mais ce caractère est commun à la matière jaune que l'éther extrait de toutes les fleurs rouges, ou même des fleurs jaune orangé; et ce fait montre encore la grande affinité du jaune et du rouge xanthique, en constatant que la matière jaune peut prendre un commencement de coloration rouge sans perdre tous ses caractères propres et sa solubilité dans l'éther. On pourrait, au reste, expliquer également ce phénomène en admettant que la matière rouge xanthique, quoique beaucoup plus soluble dans l'eau que dans l'éther, n'est cependant pas complétement insoluble dans ce dernier liquide.

Quoi qu'il en soit, la matière colorante jaune se présente dans les plantes sous deux états, tantôt sous celui d'une substance extractiforme, très-soluble dans l'eau, d'un jaune pâle, prenant une couleur jaune intense par les alcalis et rougissant par les acides; tantôt sous la forme d'une matière grasse ou résineuse, insoluble dans l'eau, ayant une couleur jaune intense, que les alcalis et les acides dilués ne modifient pas notablement. Cette dernière variété de matière jaune, à laquelle se rattache la xanthophylle, ne me paraît différer de la première que par la présence d'un principe gras, qui lui est intimement associé. C'est cette variété qui colore généralement les fleurs jaunes et qui

constitue une couleur fort solide, tandis que le principe colorant jaunâtre, qui se rencontre isolément dans les feuilles de certains choux crépus à couleur rose, appartient à la première variété et est beaucoup plus altérable, sans doute à raison de sa solubilité dans l'eau.

J'ai fait avec M. l'abbé Coemans quelques observations microscopiques sur la disposition des matières colorantes dans les plantes. Nous avons reconnu que la matière colorante pourpre des choux rouges se présente sous forme de globules ou plutôt de vésicules sphériques, que l'on peut faire éclater sous le microscope de manière à ce que le suc coloré s'en échappe. Ordinairement on ne voit qu'une seule vésicule pourpre dans chaque cellule du tissu sous-épidermique, d'autres fois il y en a 3 ou 4 plus petites. Le suc de la cellule qui contient ces vésicules est lui-même légèrement coloré en pourpre violacé, sans doute par transsudation du liquide contenu dans les vésicules, dont la coloration est infiniment plus foncée que celle du suc environnant. Au-dessous de la couche de tissu rouge, qui se compose de 2 ou 3 rangs de cellules, se trouvent des cellules incolores ou d'une faible couleur jaunâtre, contenant des grains de fécule, sans mélange de chlorophylle verte.

Les sépales jaunes du *Strelitzia reginae* ne nous ont offert qu'un suc jaune, homogène, remplissant complétement les cellules sous-épidermiques, sans aucun mélange de vésicules. Mais les pétales bleus de la même fleur nous ont présenté une masse de granulations bleues, solides et très-petites, remplissant presque entièrement les cellules sous-épidermiques. Chaque cellule renferme, au moins, une cinquantaine de ces granules bleus, qui ne sont accompagnés d'aucun suc coloré.

Les feuilles rouges du *Dracaena ferrea* var. *picta*, présentent, dans les couches cellulaires superficielles, un

liquide rouge sans interposition de vésicules ou de granules. Mais dans des couches cellulaires plus profondes, nous avons vu encore, au moins sur des feuilles tant soit peu épaisses, des granules de chlorophylle, à la vérité, d'un vert-jaunâtre et moins abondants que ceux qu'on trouve dans les feuilles vertes ordinaires.

Nous avons observé la même disposition dans la tige aplatie de l'*Epiphyllum truncatum* var. *violaceum;* c'est-à-dire que, dans les cellules superficielles ou sous-épidermiques, il y avait un suc rouge, et, dans les cellules plus profondes, des granules de chlorophylle d'un vert jaunâtre.

Il n'est donc pas surprenant que cette plante, macérée dans l'éther, donne, comme nous l'avons dit plus haut (p. 146), un suc rouge, indépendamment d'une solution éthérée jaunâtre de chlorophylle en voie d'altération ou dont le principe jaune prédomine sur le principe colorant bleu.

En tout cas, la chlorophylle m'a toujours paru diminuée beaucoup en quantité dans les feuilles à coloration pétaloïde, et elle offre ordinairement, dans ces circonstances, une couleur d'un vert pâle ou jaunâtre; ce qui me porte à penser que les fonctions respiratoires de ces feuilles ne sauraient s'exercer aussi bien que celles des feuilles vertes ordinaires.

La xanthophylle des feuilles jaunes automnales est toujours disposée en granules dans les mêmes cellules qui contiennent ordinairement la chlorophylle, et elle n'est évidemment qu'un résultat de l'altération de cette dernière. L'éther n'exprime ou ne déplace jamais de ces feuilles un suc coloré jaune; il ne fait que dissoudre la xanthophylle, comme il dissoudrait la chlorophylle verte, dont elle est provenue.

Les faits exposés dans le courant de ce mémoire me permettent, je pense, d'établir les conclusions suivantes :

1° Les deux seules couleurs fondamentales ou primitives, dans les plantes, sont le bleu et le jaune, ou, en d'autres termes, l'*anthocyane* et l'*anthoxantine;*

2° Ces matières colorantes primitives sont formées sous l'influence de la vie, non-seulement par les parties pétaloïdes, mais aussi par les parties herbacées, et, dans celles-ci, elles sont le plus souvent associées entre elles et avec d'autres matières organiques, formant ainsi la chlorophylle verte insoluble.

3° La chlorophylle tend toujours à jaunir dans les plantes par suite de la grande altérabilité du principe colorant bleu, à moins que celui-ci n'ait été rendu plus stable par son union avec un acide qui le rougit. Dans ce cas, la feuille, au lieu de prendre une couleur jaune par l'altération de la chlorophylle, prend une coloration rouge.

4° La couleur rouge dans les feuilles n'est pas toujours le résultat de la présence d'un acide, soit que ce dernier ait agi sur le bleu, soit qu'il ait rougi le principe colorant jaune pâle des feuilles. La matière rouge des feuilles, ou l'*erytrophylle*, peut aussi dépendre de l'oxygénation du principe jaune ou de la xanthophylle.

5° Les matières colorantes bleue et jaune, et surtout la première, se trouvant souvent, lorsqu'elles sont isolées, à l'état liquide ou de dissolution, doivent se porter, dans ce cas, vers la surface de la plante par la transpiration aqueuse, et par cela même elles doivent se foncer en couleur ou se concentrer dans les cellules immédiatement sous-jacentes à l'épiderme, où on les rencontre habituellement et où elles peuvent encore subir l'influence de l'oxygène.

6° Quoique les sucs colorés existent généralement dans

les couches cellulaires les plus superficielles où la chlorophylle est rare, ils peuvent cependant provenir de cellules plus profondes et avoir être amenés par l'endosmose vers la périphérie du végétal.

7° A mesure que les sucs colorés bleu, jaune ou rouge apparaissent dans les cellules des parties herbacées, la chlorophylle diminue, et elle peut disparaître entièrement lorsque la coloration pétaloïde devient très-intense, comme dans les choux rouges.

8° La chlorophylle, pouvant donner naissance, par sa décomposition, à des matières bleues et jaunes, peut concourir indirectement à la formation des couleurs des fleurs, comme à celles des feuilles colorées.

9° Les couleurs des fleurs ne peuvent changer que d'après les variations dont le bleu et le jaune sont susceptibles. Or, le bleu pouvant passer au rouge par les acides, les fleurs bleues pourront rougir, et, en outre, présenter toutes les couleurs qui résultent du mélange du bleu et du rouge; d'où une série de nuances ou de couleurs, appelée *série cyanique*.

10° La matière colorante jaune pouvant rougir par oxygénation, et même aussi par les acides (témoin le suc jaunâtre de quelques cellules des feuilles du chou rouge), les fleurs jaunes pourront passer au rouge, et de plus revêtir toutes les couleurs résultant du mélange du jaune et du rouge, couleurs qui constituent la série *xanthique*.

11° La couleur rouge des deux séries est loin d'être la même, non-seulement quant à son origine, mais aussi quant aux variations de teinte qu'elle peut subir. Celle de la série xanthique est plus rare dans les feuilles que dans les fleurs. C'est le contraire pour le rouge de la série cyanique.

12° Les deux espèces de rouge, comme les deux cou-

leurs fondamentales, sont parfois réunies dans une même fleur, qui peut alors offrir toutes les variations de couleur imaginables.

Avant de terminer cette notice, je crois devoir faire remarquer que le bleu ordinaire des plantes, qu'avec la plupart de botanistes nous avons désigné sous le nom d'*anthocyane,* ne saurait être confondu avec le bleu de l'indigo ni avec celui du tournesol. Ces dernières matières bleues n'existent pas tout formées dans les végétaux. Elles proviennent de substances organiques incolores, qui se colorent en bleu, en dehors de toute influence vitale, par de pures réactions chimiques qui en changent la composition; ce sont, en quelque sorte, des produits chimiques ou artificiels. Aussi tout ce que nous avons dit plus haut des couleurs des plantes ne s'applique qu'aux couleurs naturelles à la plupart des végétaux vivants et non pas à toutes les matières colorantes organiques employées dans l'art du teinturier. Celles-ci sont généralement des substances organiques spéciales, produites par un petit nombre de végétaux, et qui, quoique dérivant peut-être, dans certains cas, des matières colorantes ordinaires, en diffèrent néanmoins par leurs propriétés et par une composition chimique mieux définie.



